

# A Design Method of Intelligent Power Distribution Room

Xuefeng Zhang<sup>1</sup>, Hongzhou Chen<sup>2</sup>, Xiaofu Xiong<sup>2</sup>, Zheng Ma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shenzhen New Energy Power Development and Design Institute Co. Ltd., Shenzhen Guangdong

<sup>2</sup>State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology (Chongqing University), Chongqing

Email: 1021546424@qq.com

Received: Jun. 30<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jul. 24<sup>th</sup>, 2020; published: Jul. 31<sup>st</sup>, 2020

---

## Abstract

The power distribution system is becoming intelligent supported by using the ubiquitous Internet of Things and a power distribution room. As the terminal of the power grid, the power distribution room is gradually improving its observability, environmental safety, equipment operation safety and operation and maintenance efficiency. In order to improve the primary and secondary compatibility, the degree of data fusion, and the degree of information fusion between the “stations” and “stations” of the intelligent distribution room, this paper proposes a new intelligent distribution room connected by a cloud platform. The improvement of monitoring, operation and maintenance management, fault detection, energy efficiency management and equipment management has realized the overall planning and management of electrical equipment, providing a reference value for the development of intelligent distribution rooms.

## Keywords

Distribution Room, Intelligent, Monitoring

---

# 一种智能配电房设计方法

张雪峰<sup>1</sup>, 陈红州<sup>2</sup>, 熊小伏<sup>2</sup>, 马政<sup>2</sup>

<sup>1</sup>深圳新能电力开发设计院有限公司, 广东 深圳

<sup>2</sup>输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室(重庆大学), 重庆

Email: 1021546424@qq.com

收稿日期: 2020年6月30日; 录用日期: 2020年7月24日; 发布日期: 2020年7月31日

文章引用: 张雪峰, 陈红州, 熊小伏, 马政. 一种智能配电房设计方法[J]. 智能电网, 2020, 10(4): 137-147.

DOI: 10.12677/sg.2020.104015

## 摘要

未来配电系统是以配电房为支撑，以泛在物联网为手段的智能配电系统。配电房作为电网的终端，正逐步提升可观程度、环境安全性、设备运行安全性和运维效率。为提高智能配电房一二次兼容性、数据融合度以及配电房“站”与“站”之间信息融合度，本文提出了一种通过云平台连接的新型智能配电房，通过运行监测、运维管理、故障检测、能效管理以及设备管理等功能的完善，实现了用电设备的统筹规划管理，为智能配电房的发展提供了参考价值。

## 关键词

配电房，智能化，监测

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

小电网需要为用户稳定持续供电，而不断升级电网设备也是保证安全供电的重要举措。如图 1 所示，配电房位于电网的终端，具有电压转换、电力分配、用电控制的功能，是最重要的电力设备之一[1] [2]。而较低水平的环境设施导致配电房的设备处于非正常工作状态，如环境温湿度异常、外来人员入侵等会导致局部放电和短路现象的发生，严重威胁到用户正常的用电。传统配电房主要由工作人员逐个测量配电装置和巡检，由于人工巡查和定时检查等方式无法及时处理问题，配电房成为电力设备中的薄弱环节[3] [4] [5]。

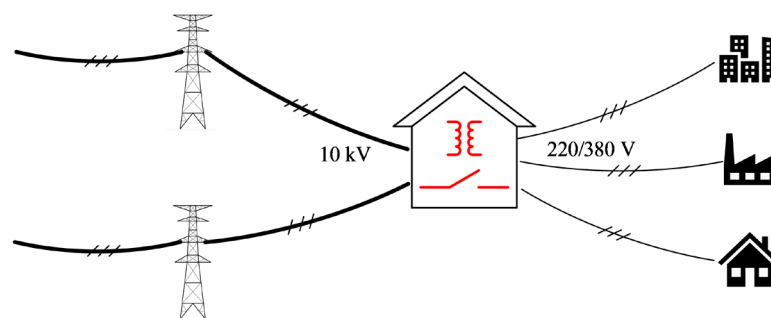


Figure 1. Distribution room location in the power grid

图 1. 电网中的配电房位置示意图

变电站监控系统需要通过系统集成优化和信息共享，实现电网和设备运行信息、状态监测信息、辅助设备监测信息、计量信息等变电站信息的统一接入、统一存储和统一管理[6]。自此，国内对于智能配电房开展了许多研究。文献[7]提出了视频环境监控系统、防误操作系统、设备状态监测系统和电能质量监测系统为一体的智能配电房；文献[8]融入了 SCADA 系统、门禁系统以及环境监测系统，提高了配电房的智能化运行水平；文献[9]通过配电自动化系统和自学习算法能够对配电房环境和电力设备运行状态进行有效的实时监测，能有效实现从监测预警到管理取证的安全管理模式；文献[10]提出了智能配电房系

统构架,以及系统平台和硬件设施的设计方案,主要从环境、安防、设备状态、电气运行参量等方面,完成了对配电房的全面监控。以上文献都针对配电房智能化提出了不同的方案,但涉及到的技术门类和设备种类较多,导致智能配电房所需要的传感器融合度低,具有较大的潜藏价值待挖掘。

从在对电力设备的不断升级改造中,配电房也在不断走向智能化。基于此,本文提出了一种以物联网等技术支持,通过云平台所连接的新型智能配电房,旨在对配电房的设备进行智能化统筹管理,实现配电房自身信息化、自动化、无人化,最终提升配电房的经济价值。

## 2. 智能配电房现有结构

智能配电房是通过智能化管理的方式,应用通信技术实现供电信息的交换,其本质是信息网络与配电房技术的结合。其主要目的包括减少解决故障的技术难题、保证电能质量和供电稳定性、改善管理方式和提高用户满意度等[11][12]。其主要包括以下结构:

### 2.1. 配电设备电气监控

为实时检测并显示配电系统的运行状况,需要完善电气监控功能,为配电网数据采集与监视控制(SCADA)系统提供技术支持。目前,配电自动化监控终端(DTU)已安装在 10 kV 开关柜里,部分 400 V 低压开关柜也纳入了监控范围。电气监控功能有利于配电网监控和调度,实现了“遥信、遥测和遥控”三遥功能。除此之外,SCADA 系统也实现了保护功能,能够在线路发生故障时及时跳闸,缩小停电范围[13]。

### 2.2. 通信设备

配电设备电气监控的实现离不开通信设备的技术支撑。目前通信系统采用电力载波通信方式、无线通信方式和光纤通信方式等技术实现变电站之间的通信功能。通讯组网主要选择光纤通讯模式,将配电房充当光纤通讯主干,适合各种通讯模式与线路的连接。通讯终端适合图像、数据等的传递,终端也适合 RS485 总线,为智能传感器的连接创造便利条件[14]。通信系统接入层结构如图 2 所示:

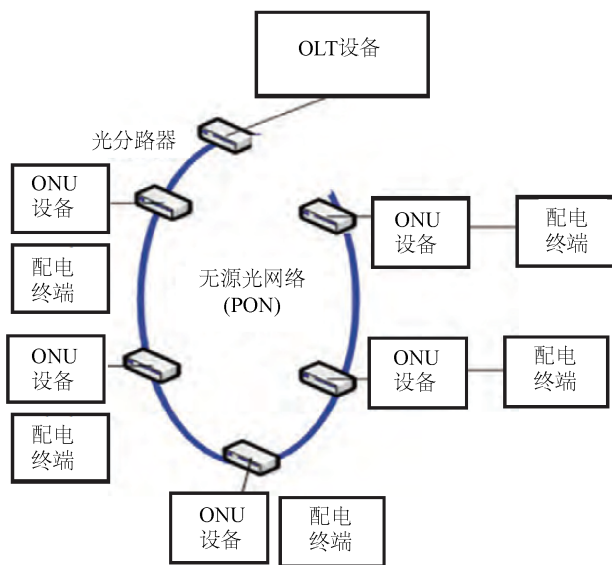


Figure 2. Communication system access layer structure  
图 2. 通信系统接入层结构

### 2.3. 配电房巡检

在配电房巡检过程中,要在配电房中安装门禁系统,从而对配电房巡检功能进行优化。智能门禁系统实现对整个配电房门禁系统的远程管理、红外安防入侵的实时监测、环境数据等状态信息实时监控及集中统一管理,使管理人员能够方便、安全、可靠且准确地对无人值守的配电房实现远程智能实时监控管理[15]。

### 2.4. 变压器优化运行

居民小区往往会配置多台变压器,由于房屋空置率,变压器常年处于低负荷率运行的状态,导致其损耗增大,折损使用寿命。此时将优化设备配设于配电房,以此来达到变压器的高效、安全运行,优化设备则应结合具体需要来动态进入与退出。优化设备需要监控变压器电气参数的基础上使用优化算法决定是否投切变压器,并配合开关柜同步运行[16]。

以上四点已经通过相应技术解决,但发展智能配电房依旧存在以下问题:电气监测功能、通信设备和智能巡检都需要大量的传感器,而一二次融合技术的限制导致传感器兼容度低,不仅会增加现场调试人员的协调工作量,也会导致配电房长期运行可靠性不够;配电房中监测设备电气参数外,缺乏对设备多运行参量的监测,以致于提供不充分的评估数据,无法支持智能运维决策的生成;各个配电房之间的设备监测、运维数据采用分散存储的方式,没有共享、整合,缺乏大数据支撑下的状态评估与运维决策。

## 3. 智能配电房关键技术

本文以实用性、先进性、前瞻性为原则,介绍一种通过云平台连接的新型智能配电房。智能化管理配电房,即通过远程控制的方式对数据进行查询、监测、预警和显示,进一步提高电网运行的安全性。方案主要解决了以下三个问题:

### 3.1. 一二次融合

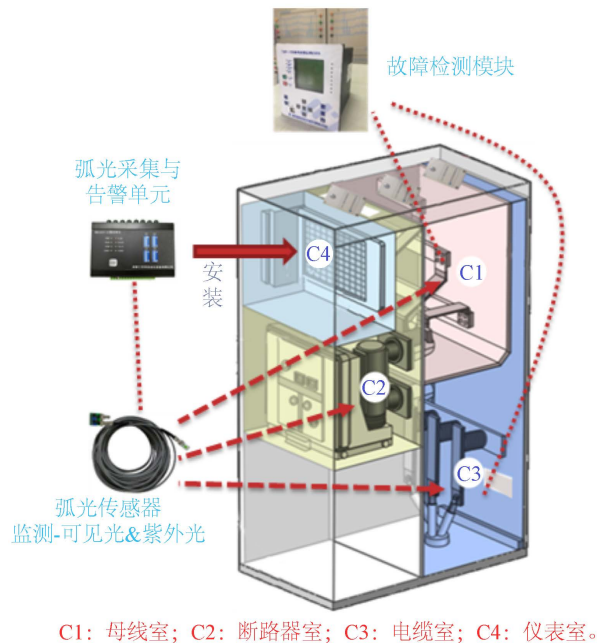
由于接口技术要求不统一、不标准,智能化设备在不同工程的应用中会直接导致一二次设备接口不兼容,也在一定程度上增加故障分析的困难性。配电网一二次融合设备主要分为一二次融合环网柜和一二次融合柱上开关。本方案拟采用分布式一二次融合环网柜,其利用电阻分压式电压传感器和低功耗电流传感器来进行电压电流采样,每个终端采集电压电流信号来计算对应环网柜间隔的遥测值和电量数据。通讯管理机通过交换机汇集每个终端的数据,再通过以太网把数据上传给主站[17][18]。

本方案采用的一二次融合技术主要采用远程控制的方式,在完成各个传感器的参数了解后,通过软件编程与接口实现,完成对各个传感器输入输出信息接入操作。结合一二次融合技术,配电柜可新增弧光监测、故障监测功能,完善漏电监测、温度监测等功能,通过监测功能集约化、组合传感方式,提高监测设备的兼容性、扩展性、互换性,为配电房智能化提供坚强内核。具体措施如图3所示:

### 3.2. 数据融合

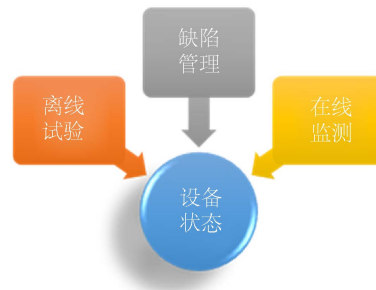
数据融合的基础是数据采集管理,而数据采集管理主要模块主要是完成配电房中的环境监控,只有完成房中各类数据的采集后,才能为系统后台的综合查询与数据分析提供相应的数据基础。

如图4所示,所述智能配电房中的参量数据主要来自设备运行中的电气监测、环境监测和放电监测,此外还包括设备在线监测和离线实验等多源数据。由于处理的信息种类繁多,信息源之间关系复杂,从而需要建立广义有效的融合模型和算法以及综合评估体系。对融合系统进行性能评估时,需要应用信息融合算法到软件中以得到评估体系中的性能指标,从而智能分析出设备状态。



**Figure 3.** Application measures of primary and secondary fusion technology

**图 3.** 一二次融合技术具体应用措施



**Figure 4.** Source of equipment state parameter data

**图 4.** 设备状态参量数据来源

### 3.3. 配电房站与站之间信息与决策融合

智能配电房采用了物联网、大数据等技术[10],建立了安全可靠的数据通道,实现了配电房终端与云端的双向通信,如图5所示。通过“云平台”的搭建,实现了配电房与云端之间数据采集和下发命令的双向通道,从而共享、融合多个配电房所得到的监测数据。云端将数据进行分析处理后,通过优化算法制定“站”与“站”协调的全局化运维决策,从而对设备进行高效、可视化的管理,构建创新的物联网服务。此外,低压配电台区采用直流互联的方式以优化运行方式。

## 4. 智能配电房结构及功能

如图6所示,本文所示智能配电房主要由运行参数监测、设备状态监测、环境参量监测、故障参量监测、边缘计算服务器、网关和可视化建模构成。运维人员通过操作平台管理客户端,实现对配电房整体运行状况的远程监控。

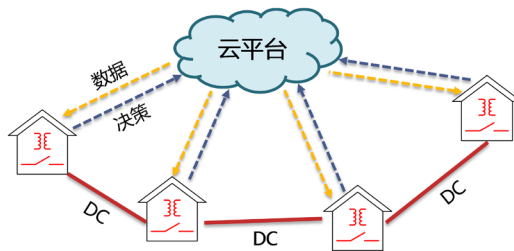


Figure 5. Multiple distribution stations connected by cloud platform

图 5. 基于云平台连接的多个配电站

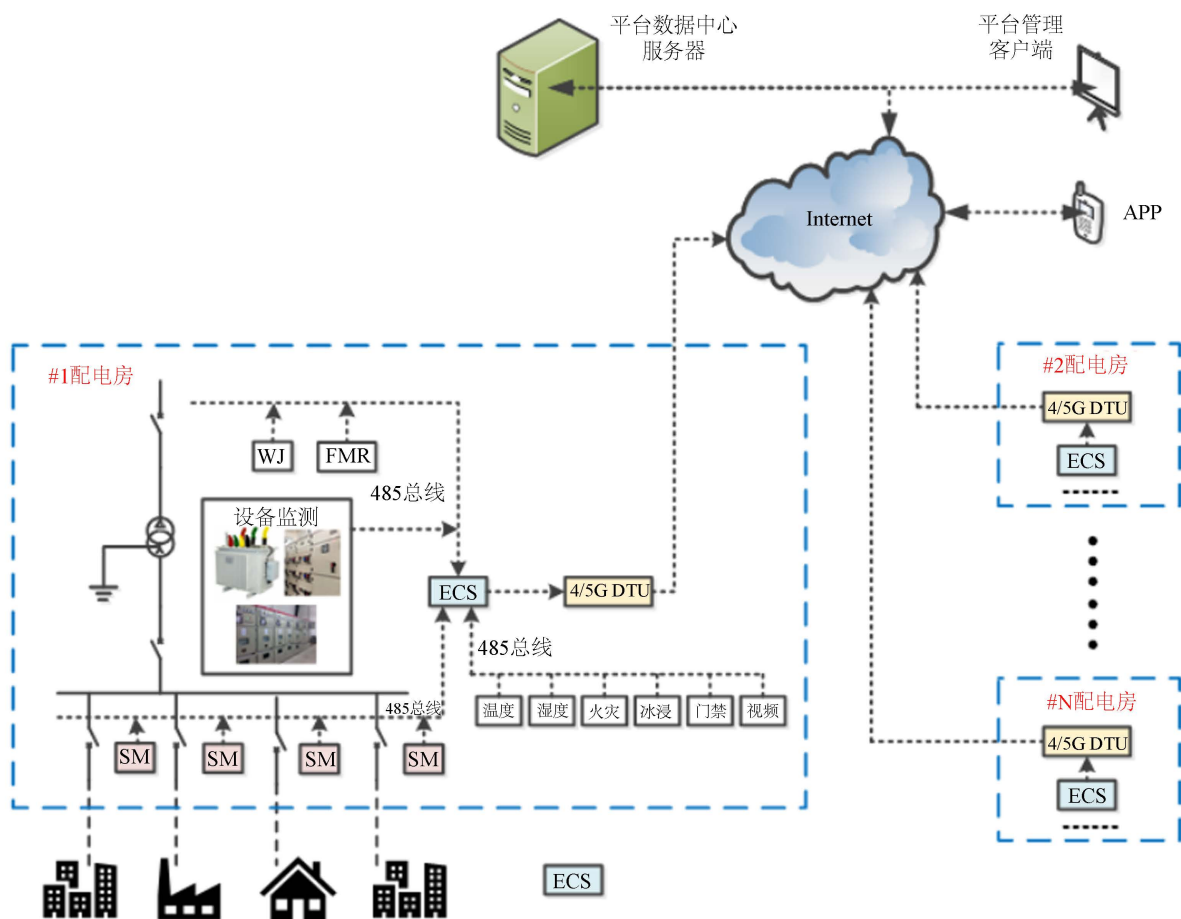


Figure 6. Schematic diagram of intelligent distribution room structure

图 6. 智能化配电房结构示意图

其中功能模块包括设备状态诊断、能效分析、配电房环境安全、配电线路故障监测；边缘计算服务包括运行监测、运维管理(缺陷记录、统计、等级评判，设备在线监测)、故障监测(故障事件、对象，设备报警及预警)；云服务包括运维管理(设备离线试验，状态评价，寿命周期计算，维修风险计算，维修决策)、能效管控和设备及系统管理。

如图 7 所示，智能房智能化系统采用先进的通信系统与智能设备相连，可应用于多个软件。智能配电房系统采用云部署模式，可减少所需硬件设备，减少运维工作量，提高系统应用灵活性。其平台管理客户端包括运行监测、运维管理、故障监测、能效管控、设备管理和系统管理。





Figure 7. Intelligent system software interface of power distribution room  
图 7. 智能化配电房结构示意图

#### 4.1. 运行监测

运行监测部分主要包括各类传感器、执行设备及监控终端机，实现站房内 SF6 气体浓度、臭氧浓度、氧气浓度、水浸、环境温湿度、烟雾火灾等环境信息和变压器、开关柜等设备的温度、局部放电等状态量监测，模拟量和状态量与灯光、视频、门禁监测等信息融合，为运维管理提供充足的数据。

#### 4.2. 运维管理

运维管理主要包含：利用运行监测的数据进行设备缺陷记录、设备缺陷统计和设备缺陷等级评判；

对变压器、开关设备和二次设备进行离线实验，对变压器、开关柜和环网柜进行在线监测，根据离线状态和在线状态的评价进行设备寿命周期计算；将设备缺陷评判等级高的设备归入设备待修设备集，进行维修风险计算，最终形成设备维修决策。

### 4.3. 故障监测

利用运行监测的数据提前发现配电房中存在的故障，实现回路过载预警、电气参数异常预警、设备温度预警和电气绝缘预警。当发生故障时，对故障事件进行记忆，包括故障前负荷水平、故障时电气参数以及故障事件后果等，针对故障波形、故障事件进行分析。利用在线监测数据和告警信息等，发现配电站房设备存在的故障，分析故障影响范围，合理调度抢修资源，提高故障抢修效率和服务水平。

### 4.4. 能效管理

能效管理需要通过监测的电气量进行负荷容载比、功率因素、电压水平和三相不平衡的实时计算，统计出最大负荷和功率因素等重要信息，分析负荷曲线和容载比曲线。根据分析结果评价配电房的能效等级，智能制定无功补偿策略/配变运行策略、负荷调整策略和需求侧响应策略。

### 4.5. 设备管理

配电房中所有设备都有专门的电子标识，应用物联网技术可以采集配电房中的信息。通过扫描一次设备的电子标识可以采集台账、缺陷等信息，扫描其他智能设备可以采集设备类型、参量、定位等设备信息，实现对运行设备台账的在线信息采集，建立完整的设备管理档案。

## 5. 案例分析

本文所述配电房的部分功能已在深圳某地通过搭建“智慧能源增值服务咨询平台”来实现，其总体设计系统逻辑如图 8 所示。其通信模型是基于 MQTT 通讯协议，包括运行监测、运维管理、运行评价、故障监测、能效管控、数据服务中心和数据接口与 App 等核心模块。平台已实现的功能包括：配变电压

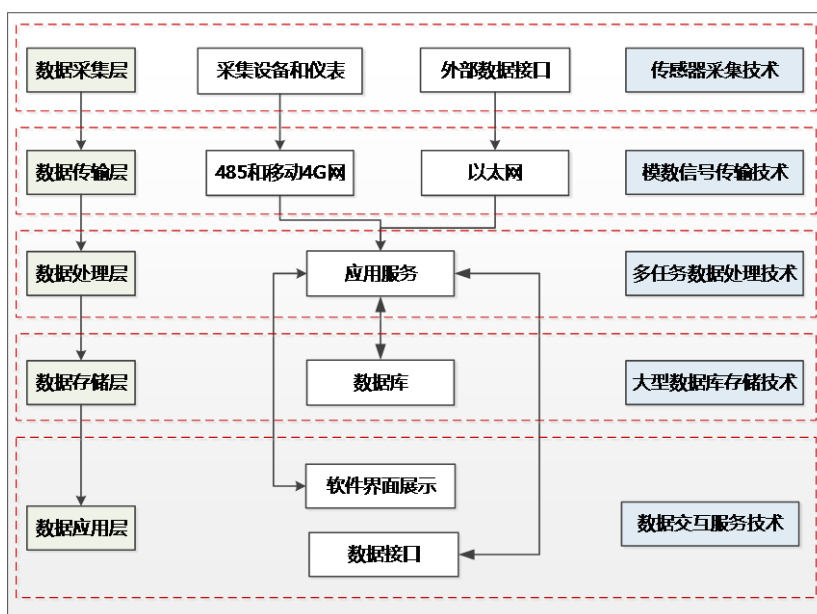


Figure 8. System logic diagram

图 8. 系统逻辑示意图



电流越限报警分析、配变经济负载率评价、设备最大负载率曲线、用户无功补偿策略、用户负荷峰谷时段分析、故障录波分析、峰谷负荷平移策略及效益分析、越限报警参量设定、运行评价指标设定以及系统日推送报告、月推送报告。

### 5.1. 运维管理

在依托智能配电房建立的智慧能源增值服务咨询平台中，可以实时监控某大厦的高压进线监测、变压器监测、低压馈线监测和发电机监测等数据。在 2019 年 9 月监测到的部分变压器数据如表 1 所示：

**Table 1.** Transformer data

**表 1.** 变压器监测数据

日期	时间	A 相电压 (V)	B 相电压 (V)	C 相电压 (V)	AB 线电压 (V)	BC 线电压 (V)	CA 线电压 (V)	电网频率 (Hz)
2019-09-11	00:00:00	234.3	234.5	234.1	405.9	405.8	405.6	50.00
2019-09-11	00:01:00	234.3	234.5	234.1	405.9	405.8	405.6	50.02
2019-09-11	00:02:00	234.1	234.3	233.9	405.6	405.4	405.2	50.03
2019-09-11	00:03:00	234.0	234.2	233.9	405.4	405.3	405.2	49.96
2019-09-11	00:04:00	234.4	234.5	234.1	406.0	405.8	405.7	49.96
2019-09-11	00:05:00	234.4	234.6	234.3	406.1	406.00	405.9	49.97
2019-09-11	00:06:00	234.6	234.7	234.5	406.4	406.3	406.2	50.03

基于运行监测的数据，智慧能源增值服务咨询平台即可实时显示其评价结果，其针对变压器运行状态的运行评价如表 2 所示：

**Table 2.** Operation evaluation of transformer data

**表 2.** 针对变压器运行状态的运行评价

电压质量	D 级(最小合格率 3.30%)
三相电压不平衡	A 级(合格率 100%)
三相电流不平衡	D 级(最小合格率 44.80%)
电压谐波	D 级(最小合格率 79.20%)
电网频率	A 级(合格率 100%)
功率因素	A 级(0.965)
经济负载率	D 级(经济负载时间比 27.60%)
峰谷电量比	B 级(13.20%)
峰谷负荷差	D 级(100%)
越限报警	有
故障录波	无

### 5.2. 故障监测

在发生故障后，通过调取故障录波设备的故障波形数据，绘制曲线图进行分析，录波数据主要包括 8 个模拟量和  $n$  个开关量数据，每个周波采 36 个时间点，并记录和存储故障时刻前至少 3 个周波，故障时刻后至少 8 个周波；根据故障时刻模拟量数据和开关量数据正确的分析故障事件引发的后果(停电、无

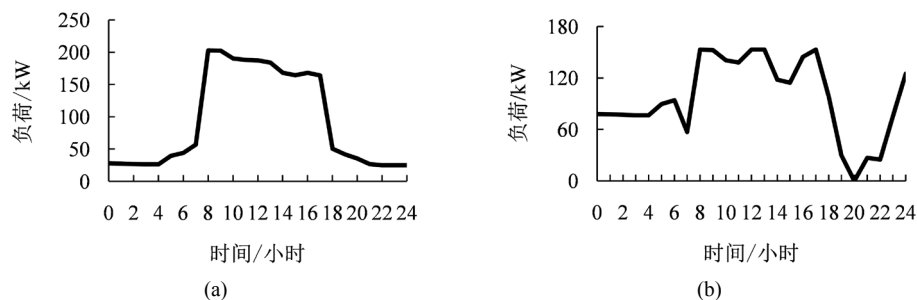
停电)进行记录和管理;分析和匹配故障事件前负荷水平情况数据,记录事件发生时间、计算持续时间,以及相关的统计和分析。如该大厦的故障案例分析结果如表 3 所示:

**Table 3.** Failure case analysis results  
**表 3.** 故障案例分析评价

故障原因:	C 相过载
故障起源:	高压侧进线
故障类型:	低压侧出线 1#
故障前负荷水平:	Ia = 0.83 A, Ib = 0.92 A, Ic = 0.78 A
故障后负荷水平:	Ia = 0.83 A, Ib = 0.92 A, Ic = 1.71 A;
故障发生时间:	2019 年 3 月 19 日, 10: 55:24.694
故障结束时间:	2019 年 3 月 19 日, 10: 55:55.368

### 5.3. 能效管控

通过功率因数统计、负荷容载比计算、电压水平计算、三相不平衡度计算和配变比损耗,以制定出配变运行策略和最大负荷调整策略。深圳某地区的日负荷曲线如图 9(a)所示,智慧能源增值服务平台将生成“高峰负荷平移代价收益”策略,通过 5%最高峰值负荷区段错峰平移,可将最高计量负荷容量峰值下调,减免容量费;通过 10%次高峰值负荷区段错峰平移,减少配电设备负载冲击,提高设备安全系数,以用电单位能接受的代价为调整前提,实现效费比优化的目的。其利用储能等分布式能源调节后的经济性负荷曲线如图 9(b)所示,若假设全以投放储能进行负荷的调节,则该地区在深圳实行的分时电价的政策上 10 年可收益 644723.57 元。



**Figure 9.** Comparison of load curves before and after optimization  
**图 9.** 优化前后负荷曲线对比

通过运维管理、故障检测和能效管理,智慧能源增值服务咨询平台根据用户需求,按照每日/月推送报告,包括用电信息报告、故障分析报告、能效分析报告和设备运维报告。

## 6. 总结

电网智能化是发展地必然趋势,而智能配电房在其中发挥了重要地作用,结合现有技术改进配电房,实现设备的统筹规划管理,才能智能电网地实现进程。本文介绍了一种以物联网为技术支持的智能配电房,通过一二次融合技术提高了监测设备的兼容性,在融合多源数据和多参量监测数据后对配电房进行智能分析,从而制定全局化运维决策,有利于相关部门更加经济、有效地管理配电房,实现配电房智能化运行。

## 参考文献

- [1] 宋光华. 智能配电房监控系统的技术研究[J]. 通信电源技术, 2018, 35(2): 82-84.
- [2] 刘冰冰. 智能配电房实现模式的研究[J]. 现代制造技术与装备, 2019(3): 83-84.
- [3] 沈佩琦, 李为民, 陈堂. 智能配电房实现模式的研究[J]. 电气制造, 2014(9): 90-94.
- [4] 陈相豪. 基于开放式体系的智能配电房监控系统研究[J]. 中国新技术新产品, 2019(10): 20-21.
- [5] 阳涛. 智能电网配电自动化系统设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北工业大学, 2016.
- [6] 李林强. 基于智能配电房的关键技术研究[J]. 科技展望, 2014(18): 157.
- [7] 刘伟. 智能配电房的关键技术研究[J]. 数字技术与应用, 2013(1): 69 + 72.
- [8] 吴观龙. 基于智能配电房的建设方案研究[J]. 科技创新与应用, 2019(26): 121-122.
- [9] 郑培昊, 王满意, 李建伟, 沙博. 智慧配电房升级改造建设研究及应用[J]. 电力信息与通信技术, 2019, 17(12): 73-77.
- [10] 刘赛足, 韩畅. 智能配电房的系统设计和技术方案研究[J]. 南方能源建设, 2018, 5(S1): 100-105.
- [11] 张恒, 陈军球, 方振. 智能电房环境监测系统研究[J]. 机电信息, 2019(36): 31 + 34.
- [12] 林文健, 刘振林, 余进江. 浅谈配电房环境感应和控制原理[J]. 中国新技术新产品, 2018(9): 24-25.
- [13] 卢峰, 沈骏, 王震宇, 岑梁. 智能配电台区配电房环境变量监测及关键技术[J]. 上海电力学院学报, 2016, 32(5): 473-477.
- [14] 杨东. 智能配电房的建设方案分析[J]. 电力安全技术, 2015, 17(7): 31-33.
- [15] 刘忠, 谢亮. 居住区配电房智能运行系统的研究与实践[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(2): 50-53.
- [16] 李月芹. 配电房轨道式自动巡检机器人控制系统设计与实现[J]. 中国高新科技, 2018(20): 42-44.
- [17] 李红青, 张志丹, 朱吉然, 唐海国, 龚汉阳, 陈幸, 凌鸿森. 配电网新型一二次融合成套设备测试方法研究[J]. 湖南电力, 2018, 38(2): 47-52.
- [18] 刘姜涛, 邓其军, 聂明媚, 刘震宇. 基于 ARM 的智能配电房通信管理机设计[J]. 自动化与仪表, 2014, 29(1): 34-37.